

LA HIDROLOGIA COLOMBIANA

RODRIGO MARIN MARTINEZ

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y
Adecuación de Tierras
HIMAT - Santafé de Bogotá

Introducción

Colombia ocupa los primeros lugares en el mundo por su abundante potencial hídrico. La posición ecuatorial es privilegiada, recibiendo en consecuencia una de las mayores precipitaciones de la tierra, con un valor promedio cercano a 3000 mm/año.

sin embargo dicha precipitación no se encuentra bien distribuida en el territorio nacional encontrando en tal sentido regiones con un marcado déficit de lluvias, es el caso de la alta Guajira, que alcanza en promedio 300 mm/año. Por otra parte el sur del litoral pacífico alcanza una precipitación en promedio de 9000 mm/año.

La Cordillera de los Andes, al entrar en territorio Colombiano, se divide en tres ramales, los cuales surcan el país de sur a norte, dando origen a cuatro grandes vertientes: Atlántico-Caribe, Pacífico, Orinoco y Amazonas, en donde se encuentran igualmente grandes cuencas hidrográficas; cuenca Magdalena-Cauca (258.000 Km²), Caquetá (199.000 Km²), Guaviare (140.000 Km²), Putumayo (108.000 Km²) y Meta (103.000 Km²), representando estas cinco cuencas el 71.0% de la superficie total del país y produciendo una escorrentía total cercana a 67.000 m³.seg, véase tablas 1 y 2.

Lo anterior es el producto de las precipitaciones en gran parte de la superficie del país, características geológicas y fisiográficas que dan origen a una altísima red hidrográfica del orden de unos 720.000 microcuencas físicamente definidas y que constituyen el marco físico para inden-

Hidrología Colombiana

tificar a grandes rasgos las posibilidades de aprovechamiento y de protección de los recursos hídricos.

Como puede observarse, el país posee un gran potencial hídrico que solo es superado por la Unión Soviética, Canadá y Brasil; en donde el rendimiento promedio calculado es de 60 l/s/Km^2 , esto representa casi seis veces mayor el rendimiento promedio continental mundial (10 l/s/Km^2) y tres veces el rendimiento promedio de la América del Sur (21 l/s/Km^2).

Aunque la extensión del territorio colombiano es solo de 0.77% del área continental mundial, este aporta el 4.0% de la escorrentía promedio mundial.

Redes de medición e información existente

El objetivo principal de las mediciones hidrológicas y meteorológicas, es la obtención de la información necesaria sobre el comportamiento de los fenómenos hidrológicos y meteorológicos para caracterizar y especificar mediante métodos o modelos matemáticos los fenómenos mismos y las relaciones que existen en una región con las características tales como la precipitación, desarrollo de cauces y características hidrogeológicas.

En consecuencia aspectos fundamentales del proceso de planeamiento, diseño y operación de sistemas referente a las obras hidráulicas, por ejemplo acueductos, distritos de riego y drenaje, centrales hidroeléctricas y otros, es la disponibilidad de la información hidrológica y meteorológica básica requerida.

En muchos países la recolección de los datos hidrológicos y meteorológicos se efectúa por intermedio de varias entidades a veces sin ninguna

TABLA No. 1
10 RIOS MAS GRANDES DE COLOMBIA

CORRIENTE	SITIO	Area Km ²	Caudal medio Q (m ³ /s)	Rendimiento l/s/Km ²
Caquetá	Frontera Brasil	199137	12380	62.2
Magdalena	Calamar	257438	7003	27.2
Putumayo	Frontera	108362	6244	57.62
Guaviare	Frontera Venezuela	139731	6000	42.9
Meta	Frontera Venezuela	103052	5084	49.3
Atrato	Desembocadura	35702	4557	127.6
Negro(Guainía)	Piedra del Cocuy	61781	4420	71.5
Sinú	Cotocá Abajo	14915	398	26.6
Vaupés	Frontera Brasil	37740	2640	70.0
San Juan	Malaguita	15000	2602	173.5

TABLA No. 2
10 EMBALSES MAS GRANDES EN COLOMBIA

No.	Río Embalse	Volumen total millones m ³	Destinación	Región
1	Magdalena-Betania	1974	(1),(2),(5)	Andina
2	Prado-Prado	1270	(1),(2),(5)	Andina
3	Negro-Peñol	1236	(1),(5)	Andina
4	Cauca-Salvajina	908	(1),(2),(3),(5)	Andina
5	Lengupá-Chivor	758	(1)	Orinoquia
6	Tominé-Guatavita	705	(3),(1),(2),(4),(5)	Andina
7	Calima-Calima	581	(1),(5)	Pacífico
8	Cga. Guájaro-Guájaro	400	(3),(4)	Caribe
9	Nare-Jaguas	208	(1)	Andina
10	Chuza-Chuza	247	(3),(4)	Andina

- (1) Hidroenergía
- (2) Control inundaciones
- (3) Suministro agua
- (4) Pesca
- (5) Recreación

TABLA No 3

CUBRIMIENTO DE LA RED HIDROMETRICA

REGION	Superficie	No.	Guía OMM	
	Km ²	Estaciones	Km ² /Est.	Km ² /Est.
Andina	351150	1015	346	300 - 1000
Llanura Caribe	127518	220	580	100 - 2500
Orinoquia	267000	90	2967	3000 - 10000
Amazonia	336584	70	4808	3000 - 10000
Pacífico	59450	32	1858	3000 - 10000
Territorios in- sulares	46	4	12	140 - 300
TOTAL	1141748	1431	798	

Hidrología Colombiana

coordinación y en otros se ha logrado establecer una sola entidad que integra toda la información y coordina las demás entidades que tienen que ver con el agua; en esta última modalidad se coloca Colombia, en donde se estableció desde 1969 un organismo central, el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH), hoy el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT.

La cobertura de la red hidrometeorológica en Colombia tiene gran cobertura nacional, permitiendo de esta manera la evaluación general de los recursos hidroclimáticos. Aunque el período de observación no es muy grande, llegándose solamente en una estación a superar los 100 años de registro (serie de precipitación de Bogotá) y solo 45 estaciones hidrológicas tienen más de 30 años.

Las tabla 3 permite conocer globalmente la cobertura de la red hidrológica.

Requerimientos de información

Mediante un conocimiento profundo del potencial hídrico que posee Colombia, podrá planearse su desarrollo pleno. A pesar de que la red actual tiene un cubrimiento básico ésta requiere ser ampliada hacia proyectos específicos. Los proyectos hidroeléctricos que se están desarrollando para finales de este siglo, contaron con menos de 30 años de datos y los planeados hacia el año 2020 tendrán solo 30 o menos años de información. Sectores como el del agua potable, manejo de cuencas, riego y drenaje, navegación, etc., tienen un gran requerimiento de información. No es posible tener una cuantificación exacta del requerimiento anual de incremento de la red.

Hidrología Colombiana

La red hidrológica nacional se encuentra clasificada de la siguiente forma:

- Red básica	581	40,0%
- Red de proyectos agrícolas	331	22,8%
- Red de proyectos Hidroeléctricos	287	19,8%
- Red para fines varios	<u>254</u>	17,4%
Total	1453	

Y la red meteorológica nacional se clasifica de la siguiente manera:

a. Red de superficie

- Red Pluviométrica y pluviográfica	2410	78,0%
- Red de estaciones sinópticas	50	2,0%
- Red de estaciones climatológicas	541	17,0%
- Red de estaciones agrometeorológicas	32	1,0%
- Red de estaciones con fines especiales	73	2,0%

Total 3106

b. Red de altura

- Red de estaciones de radiosonda	4
-----------------------------------	---

En la tabla 4 se presenta un ejemplo de requerimiento de información hidrometeorológica más detallado.

Costo de la información hidrometeorológica

A priori se suele afirmar que el costo de la información hidrológica y meteorológica es alto y cuando se trata de invertir en la obtención de datos se considera un gasto innecesario o cuando menos de poca prioridad. Sin embargo, en multitud de casos se invierten fuertes sumas

TABLA No. 4

REQUERIMIENTOS DE INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA

Situación Real	Tipo de análisis
- Planificación regional de los recursos hídricos	Estudios hidrológicos de disponibilidad, régimen de escorrentía, caudales máximos y mínimos, niveles freáticos, aguas subterráneas disponibles.
- Diseño y operación de acueductos	Estudio de disponibilidad, calidad del agua, concentración y transporte de sedimentos.
- Drenaje urbano	Intensidad, frecuencia y duración de la precipitación; niveles freáticos, niveles y caudales.
- Proyectos hidroeléctricos	Disponibilidad de agua, caudales medios, máximos y mínimos, calidad del agua, régimen de la precipitación y transporte de sedimentos.
- Proyectos de adecuación de tierras y agropecuarios	Disponibilidad de agua, caudales medios, máximos y mínimos; calidad del agua, niveles freáticos, régimen de la precipitación, balance hídrico del suelo y climático, transporte de sedimentos.
- Vías y puentes	Estudio de caudales máximos, régimen de escorrentía, intensidad, frecuencia y duración de la precipitación, transporte de sedimentos.
- Control de inundaciones	Análisis de escorrentía, caudales y niveles máximos, precipitaciones intensas y frecuencia de eventos.
- Diseño de embalses	Régimen de lluvias, requerimientos de agua y caudales medios, máximos y mínimos.

Tabla 4 - Requerimientos de información hidrometeorológica

2

- Manejo de parques naturales	Régimen de lluvias y de escorrentía, caudales máximos y mínimos, calidad de las aguas, producción de sedimentos.
- Silvicultura	Régimen de lluvias y de escorrentía.
- piscicultura	Estudios batimétricos y de disponibilidad y calidad del agua.
- Navegación	Estudios batimétricos y de disponibilidad y régimen de caudales.
- Ganadería e industria pecuaria	Estudios de disponibilidad y calidad del agua.
- Recreación	Régimen de caudales, batimetría y calidad del agua.
- Industria	Estudios de disponibilidad y calidad del agua.
- Sector educativo	Información permanente de estadísticas sobre el agua.
- Sector salud	Regímenes hidrológicos y calidad del agua.
- Sectores judicial y seguros	Solicitudes específicas para resolver conflictos y para prevención respectivamente.

TABLA No. 5

INVERSION EN DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Proyecto	I N V E R S I O N		%
	\$Col millones	\$EU millones	
Hidrometeorología	2528	4,7	0.4
Acueductos y Alcantarillados	188320	352	32.2
Recursos Hidrobiológicos	2251.7	4.2	0.38
Conservación de cuencas hidrográficas.	6181.3	11.6	1.10
Riego y Drenaje	25399.7	47.5	4.34
Regulación de corrientes	1254.4	2.3	0.21
Reglamentación y control	2918.4	5.5	0.50
Hidroenergía	350960	656	60.0
Aguas subterráneas	55.5	0.1	0.01
Embalses	216.5	0.4	0.04
Obras hidráulicas	<u>6897</u> 584454.5	12.9	1.18

Fuente de datos: Ley de presupuesto 1990.
Sector Eléctrico Colombiano DNP-1990
Plan Ajuste Sector Agua potable. BCH-1989

Hidrología Colombiana

en sustituir los datos faltantes en sobrediseño de obras o, lo que es peor, se corren grandes riesgos por desconocimiento del comportamiento del clima o el régimen hidrológico, en la tabla 5, se presentan los porcentajes invertidos en desarrollo de los recursos hídricos.

Usos del recurso hídrico

Los usos del agua son múltiples, toda vez que prácticamente no existe actividad humana en que no intervenga el agua, se resumen así:

- | | |
|--|---------------------------|
| a. Consumo humano | 100 m ³ /seg |
| b. Consumo de agua en actividades agrícolas | 1000 m ³ /seg. |
| c. Consumo de agua en hidroenergía | 2000 m ³ /seg. |
| d. Consumo de agua en termoenergía | 150 m ³ /seg. |
| e. Otros consumos industriales | 40 m ³ /seg. |
| f. Navegación fluvial | 23000 km. |
| g. Demanda de agua para actividades recreacionales | 20000 MM3 |

Problemática del recurso hídrico

La problemática del recurso hídrico se resume en dos aspectos:

- La presión ejercida por los habitantes y la comunidad sobre el uso-disponibilidad, véase tabla 6.
- Características climatológicas e hidrológicas como casos extremos, ya sea como procesos naturales o modificaciones por la intervención del hombre.

TABLA No. 6

PROBLEMATICA GENERAL POR EL USO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Agricultura

Aumento en déficit de escurrimiento originado en el incremento de transpiración de las plantas, perjudicando la infiltración o escorrentía superficial; compitiendo con usos de industria, humano, energía y otros.

El uso excesivo de abono orgánico, fertilizantes, químicos, herbicidas y plaguicidas causan gran toxicidad.

Industria

El agua consumida puede ser poca, pero el agua degradada mucha. Las industrias de curtiembre, papel, químicos, requieren gran cantidad de agua para el lavado, contaminándose con productos nocivos la zona de entrada final.

Energía

Las centrales térmicas y siderúrgicas, cuentan con grandes piscinas de enfriamiento para sus instalaciones y una vez utilizadas son vertidas nuevamente con mayores temperaturas a los cursos de agua ocasionando perturbación en los ecosistemas acuáticos.

Uso doméstico

Cuando son entregadas en forma de aguas negras sin ningún tipo de tratamiento se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica y elementos patógenos. Esta situación se presenta crítica en los ríos llamados urbanos, en donde los cinturones de miseria y otros asentamientos son fuente primordial de este tipo de contaminación. Además debe agregarse el uso de detergentes.

Turismo

La construcción de embalses artificiales con fines turísticos implica pérdida de agua por evaporación, limitando en estas condiciones otros usos.

Hidrología Colombiana

A lo largo de su historia, Colombia ha sufrido con regularidad desastres y calamidades ocasionadas por inundaciones, avalanchas y deslizamientos de tierras.

- En total las áreas sujetas a inundaciones periódicas son cerca de 5'000.000 de Ha. (50.000 Km²); esto representa el 4% del territorio nacional y el 10% del área potencial agrícola. Las pérdidas anuales ocasionadas por fenómenos de origen hídrico ascienden a EU \$70'000.000.

Con el fin de disminuir las pérdidas causadas por fenómenos de origen hídrico y meteorológico, se instaló una red de estaciones con transmisión diaria y horaria (vía satélite) en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y Sinú. Esto permite conocer con anterioridad la severidad de la inundación y alertar a las autoridades, organismos de socorro y los mismos poblados.

En la actualidad la red de alertas está compuesta por 106 estaciones, 52 operan con radios HF operados manualmente. Las demás estaciones transmiten información vía télex o teléfono y vía satélite.

Para el futuro se están instalando unas 50 plataformas con transmisión vía satélite, mediante convenio entre OMM-PNUD-HIMAT para adquirir los equipos y la tecnología necesaria.

- El fenómeno de la sequía hidrológica de larga duración propiamente no existe en Colombia. Las áreas de poca precipitación y características desérticas son muy aisladas y no representan un área significativa dentro de la superficie total del país. Tan solo unos 10.000 km² o sea el 0,88% del área total y se ubican esencialmente en la alta y media Guajira. Igualmente en el interior del país las zonas con topografía accidentada y plana, se consideran en vía de

desertificación y suman aproximadamente 7.200 Km² (0.6% del área total del país), para un total de 1.5%.

Finalmente las zonas con verdaderos síntomas preocupantes de desertificación, están constituidas por provincias subhúmedas y semi-áridas que suman aproximadamente 155.800 Km² (13.6% del área nacional).

- El desplazamiento en gran escala de la población desde el medio rural a los centros urbanos y el grado de desarrollo económico alcanzado por muchas comunidades en Colombia, han determinado sin lugar a dudas el surgimiento de la contaminación del agua, en las últimas décadas, como característica general importante del uso indiscriminado de los recursos hídricos. Estos cambios han constituido las más fuertes presiones antropógenas sobre los recursos hídricos a tal punto que hoy en día las mismas comunidades hacen esfuerzos para potabilizar el agua o restaurar parcialmente sus buenas características. Toda vez que las masas receptoras, como los ríos, las corrientes subterráneas, los lagos, los estuarios, las bahías y aún el mar son medios incapaces por sí mismos de absorber y neutralizar la carga polucional que los residuos le confieren, ya que estos contienen generalmente cantidades apreciables de cuerpos extraños que son ofensivos a la fauna acuática, a la apariencia física y a las condiciones sanitarias de los receptores.

Gestión institucional del recurso hídrico

En el país existe un apreciable número de organismos y entidades que por ley tienen que ver con el desarrollo, manejo y control del recurso hídrico. En tal sentido hay 32 entidades, siendo el Ministerio de Agricultura la entidad estatal que más tiene funciones en este campo, véase tabla 7.

TABLA No. 7

Ministerio ó Departamento Administrativo	Entidad ó Dependencia Administrativa	Funciones
MINISTERIO DE AGRICULTURA	HIMAT	6,7,11,12
	INDERENA	1,2,3
	INPE	3
	ICA	13
	INCORA	6
	DRI	4
MINISTERIO DE SALUD	División de Saneamiento	4,15
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS	Fondo Vial	11
	Dirección Navegación y Puertos	11,14
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA	ICEL	9,10
	ISA	9,10
MINISTERIO DE DEFENSA	DIMAR	14
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION	CAR	1,2,3,5,7,8,9,12
	CVC	1,2,3,5,7,8,9,10,12
	CVS	1,2,3,5,7,8
	CRQ	1,2,3,5,7,8
	CORPOURABA	1,2,6
	CRAMSA	1,2,3,5,7,8
	CODECHOCO	1,3
	CDMB	1,4,5,7,8,11,12
	CORTOLIMA	1,2,3,5,6,7
	CRC	1,2,3,6,11
	CORMAG	1,3
	CAP	1,3,7
	CARDER	1,2,3,6,7
	CORPONARIÑO	1,2,3,6,7
	CAFNO	1,2,3,4,6
	CORPOGUAJIRA	1,2,3,6,8
	CORPOCESAR	1,2,3,6,8
	CORNARE	1,2,4,6
DAINCO		3,4,11

Hidrología Colombiana

8

Convenciones de la tabla No. 7

- (1) Manejo y conservación de cuencas hidrográficas
- (2) Manejo, aprovechamiento y control de aguas
- (3) Extensión y fomento de recursos hidrobiológicos
- (4) Acueductos y alcantarillados
- (5) Control de contaminación y tratamiento de aguas servidas
- (6) Distritos de riego y drenaje
- (7) Regulación de corrientes
- (8) Exploración y aprovechamientos de aguas subterráneas
- (9) Manejo de embalses
- (10) Manejo de plantas hidroeléctricas
- (11) Obras hidráulicas
- (12) Hidrología y meteorología
- (13) Investigación y extensión de riego y drenaje
- (14) Navegación y puertos
- (15) Control de contaminación y saneamiento

Conclusiones

- A nivel general del país existe conciencia de la necesidad para la obtención de información hidrometeorológica suficiente y confiable. Casos como las alertas hidrometeorológicas y prevención contra las inundaciones donde los beneficios son bien cuantificables.
- El aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos en el país, requiere de grandes inversiones que siempre serán rentables.
- El potencial hídrico de Colombia debe repercutir en la implementación de una cultura de dicho recurso.
- La diversificación de las entidades para la gestión del recurso hídrico es aceptable y se considera operativa.
- La inversión en hidrometeorología anual se considera normal para un país en vías de desarrollo. Sin embargo, dadas las condiciones naturales de abundancia del recurso hídrico, sería deseable una mayor inversión en este campo.